

ISO\ESPC

Ein intelligentes Selbstlern- und handlungsorientiertes Entscheidungsunterstützungssystem in der Statistischen ProzeßControlle

Claus Möbus & Heinz-Jürgen Thole

Universität Oldenburg, FB Informatik, Abt. Lehr-/Lernsysteme
OFFIS Institut, Forschungs-und Entwicklungsbereich: Eingebettete Systeme

E-Mail: {Claus.Moebus, Heinz-Juergen.Thole}@informatik.uni-oldenburg.de
WWW: <http://iso-esp.c.informatik.uni-oldenburg.de/>

Mit diesem Beitrag stellen wir das EU Projekt ISO\ESPC* vor. Die Zielsetzung des Projektes besteht in der Entwicklung eines integrierten computergestützten *Ausbildungs- und Entscheidungsunterstützungssystems* mit der Zielgruppe der kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) und der Ausbildungsstätten. Das System ist so konzipiert, daß es sowohl als *Selbstlernsystem* dienen kann, als auch von einem Ausbilder eingesetzt werden kann, um das Expertenwissen zur *Statistischen Prozeßkontrolle* (SPC) zu vermitteln. Einleitend beschreiben wir die durch *Zertifizierung* nach ISO 9000ff und *Qualitätssicherung* veränderte Marktsituation der KMU. Anschließend beschreiben wir die daraus resultierende Konzeption von ISO\ESPC. Neben einem Überblick über das gesamte Projekt stellen wir Entwurfsskizzen von einem *kooperativen* und *kompetitiven Lernspiel* (Produktionsspiel) und einem *Entscheidungsunterstützungssystem* für ISO\ESPC vor.

1. Einleitung

Im Rahmen der Zertifizierung nach ISO 9000ff spielt die Qualitätssicherung im industriellen und handwerklichen Produktionsprozeß eine eminent wichtige Rolle. Als Zulieferer der Großindustrie werden zunehmend nur diejenigen KMU bedacht, die den Anforderungen der ISO 9000ff gerecht werden. Das bedeutet für die KMU, daß sich nur zertifizierte Firmen als Zulieferer etablieren können. Ein ISO-Zertifikat ist somit eine bestimmende Marktanforderung.

Im Rahmen der Zertifizierung wird durch die statistische Prozeßkontrolle (SPC) die Gewährleistung für einen qualitätsgerechten Fertigungsprozeß erbracht. Das notwendige "Expertenwissen" ist bei den KMU aber nur selten vorhanden, so daß sich dieses Defizit zunehmend als negativer Wettbewerbsfaktor bemerkbar macht und damit die Existenzgrundlage dieser betroffenen Firmen bedroht ist.

Um den KMU und Ausbildungsstätten die Möglichkeit zu bieten, die SPC in Form einer Inhouse-Schulung mit betriebseigenen Ausbildern zu vermitteln und damit die Ausbildungskosten (Seminargebühren, Übernachtungskosten, Reisekosten, Produktionsausfallkosten usw.) zu minimieren, beabsichtigen das OFFIS-Institut und die BBZ Berufsbildungszentrum Fulda GmbH, ein völlig neues handlungsorientiertes Ausbildungs- und Entscheidungsunterstützungssystem zu entwickeln und zur Ausbildung anzubieten.

2. Rahmenbedingungen und Konzeption

Der Erwerb von Expertenwissen über SPC läßt sich durch das klassische Bildungsangebot (Seminare, Schulungen, klassische CBT) nur unzureichend unterstützen. Zwar kann das *deklarative Konzeptwissen* (Wissen "was") in Form von Schulungen (Seminare, CBT) relativ leicht vermittelt

* Das Projekt ISO\ESPC wird vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (BMA) durch die nationale Unterstützungsstelle der Bundesanstalt für Arbeit (NU-ADAPT) aus Mitteln des europäischen Sozialfonds (ESF) und vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) gefördert. Das Projekt startete im August 1998, hat eine Laufzeit von 2 Jahren und wird vom Institut OFFIS (Oldenburger Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Informatik-Werkzeuge und -Systeme) in Kooperation mit der BBZ Berufsbildungszentrum Fulda GmbH durchgeführt. ISO\ESPC ist im transnationalen Konsortium ECO 2000+ mit Partnern aus fünf europäischen Ländern eingebunden.

werden, das Problem besteht jedoch darin, das neu erworbene Wissen in *praktisches Handeln* (Handlungskompetenz) umzusetzen (Möbus, 1991).

Beim traditionellen Bildungsprozeß ist jedoch die Umwandlung des *deklarativen Faktenwissens* in ein *prozedurales Handlungswissen* (Wissen "wie") für Situationen im realen Produktionsprozeß fast völlig ausgeschlossen. Hier werden in Situationen, die durch Kosten- und Zeitdruck gekennzeichnet sind, vom verantwortlichen Mitarbeiter Entscheidungen unter unsicherer Information gefordert. Dabei wird in der Regel nicht das "neue" deklarative Wissen angewendet, sondern das "alte" überlernte Wissen, das schon vor der Bildungsmaßnahme existierte. Die Umsetzung des in der klassischen Bildungsmaßnahme erworbenen deklarativen Wissens in prozedurales Handlungswissen erfolgt in Ernstsituationen nur ungenügend und führt zu einer hohen Fehlerrate im Arbeitsprozeß und ist somit unnötig kostenintensiv.

Hieraus erfolgen die Anforderungen an ein neues Ausbildungssystem, das

- das notwendige deklarative Konzeptwissen *problemzentriert* und *situationsbezogen* "just in time" anbietet.
- die *Prozeduralisierung* des deklarativen Wissens durch *Handlungsorientierung* garantiert.
- das so erworbene Handlungswissen durch möglichst *realitätsnahe Einbettung* in reale Produktionsprozesse zur *Handlungskompetenz* ausbaut.

Die so gewonnene Qualität des erworbenen Wissens hilft, teure Nachschulungen und Entscheidungsfehler während der industriellen Produktion zu vermeiden, so daß es nicht zum "Trial and Error" im Betrieb kommt.

Das für SPC notwendige Wissen (Dietrich & Schulze, 1998) umfaßt:

- *Konzeptwissen* aus der technischen Statistik (z.B. "Was ist ein Vertrauensbereich?")
- *Kontrollwissen* (z.B. "Wie wird eine Prozeßfähigkeitsuntersuchung durchgeführt?")
- *Entscheidungswissen* (z.B. "Wann hat eine Werkzeugnachstellung zu erfolgen?")

Das dem System ISO\ESPC zugrundeliegende *kognitionswissenschaftlich* orientierte Konzept unterscheidet sich grundlegend von den gegenwärtigen am Markt angebotenen Systemen. Es wird nicht einfach Wissen in kleinen Portionen multimedial und unterhaltsam aufbereitet angeboten ("Infotainment", "Edutainment"). Vielmehr gehen wir in unserer Grundkonzeption davon aus, daß nicht nur deklaratives Wissen, sondern vielmehr Handlungswissen vermittelt werden muß, das dann auch "haften" bleibt und im Ernstfall "umgesetzt" wird. Dieses hochgesteckte Ziel kann man nur erreichen, wenn wir "*Lernen durch Problemlösen*" ermöglichen. Das Lernen durch Problemlösen erfolgt zum einen mittels eines *verteilten, kooperativen und kompetitiven Lernspiels* (Möbus, 1996b) und zum anderen durch ein *Entscheidungsstraining* ("Wie verhält man sich in komplexen Situationen, wie sie im Produktionsprozeß vorkommen?"). Auf der Grundlage der Handlungsorientierung enthält das System multimediale Anteile, um die Vorteile der fortschreitenden Entwicklung der Kommunikationstechnologien zu nutzen.

Anstelle einer festen Reihenfolge von Informations- und Übungsphasen (klassische CBT-Systeme) wird dem Lernenden ein kooperatives und kompetitives Produktionsspiel zur Verfügung gestellt. Bei diesem Spiel besteht die Aufgabenstellung darin, in einem nahezu realistischen Produktionsszenario eine möglichst hohe Wertschöpfung zu erreichen. Dafür müssen die Lernenden eine Reihe von komplexen Entscheidungssituationen bewältigen. Hat der Lerner das notwendige Wissen, braucht er sich keine langen Einführungen anzusehen oder durchzulesen, sondern er kann sofort mit dem Spiel beginnen.

Fehlt das Wissen oder Teile davon, kann er sich dieses Wissen im ISO\ESPC besorgen ("just in time"). Die Motivation, sich das fehlende Wissen anzueignen, ist durch den Bezug zur Anwendungssituation daher höher als in einem üblichen CBT-Kurs. Dazu stellt ihm ISO\ESPC intelligente Assistenten zur Verfügung, so daß der Lerner sich nicht im Stich gelassen fühlt. Da das neu erworbene Wissen mit einer konkreten Problemsituation in Beziehung gebracht werden kann, ist es auch wahrscheinlicher, daß das Wissen über längere Zeit erhalten bleibt und daher qualitativ hochwertiger ist. Ähnliche Systeme in anderen Domänen (wie z. B. Schaltungsentwurf in der Pneumatik, Diagnostik in der Umweltmedizin, Entscheidungsstraining in der Absatzwirtschaft) sind im OFFIS implementiert und teilweise zur Marktreife gebracht worden (Möbus, 1995, 1996c).

ISO\ESPC gibt gestuft minimale Hilfsinformationen zurück, so daß sich der Lerner durch Selbsterklärungen selbst aus möglichen (Denk-)Sackgassen herauswinden kann ("*Lernen durch Problemlösen*", "Münchhausenprinzip") (Möbus, 1996a). Aus wissenschaftlichen Untersuchungen wissen wir, daß die Personen, die sich Versuchsergebnisse gut (selbst-)erklären konnten, auch sonst die besseren Lerner sind. ISO\ESPC unterstützt diese Selbsterklärungsversuche, indem das System

den Lerner nach Möglichkeit nie im Stich läßt, sich aber sonst nicht aufdringlich verhält. Die Initiative liegt beim Lerner, der selbst seinen Informationsbedarf artikulieren soll. Das System "sagt eine Lösung" nur im äußersten Notfall vor, wenn sonst die Motivation nach zu vielen Fehlschlägen zu sinken droht.

3. Die Komponenten von ISO\ESPC

In dem Projekt ISO\ESPC wird ein System mit drei Komponenten entwickelt (Abb.1): ein

- *hybrides CBT*
- *kooperatives und kompetitives Lernspiel (Produktionsspiel)*
- *handlungsorientiertes Entscheidungsunterstützungssystem*

In der Abbildung 1 sind die beiden innovativen Komponenten von ISO\ESPC, die auf dem kognitionswissenschaftlich orientierten Konzept basieren, grau unterlegt. Jede der drei Teilkomponenten bildet ein *abgeschlossenes* und *browserfähiges* System.

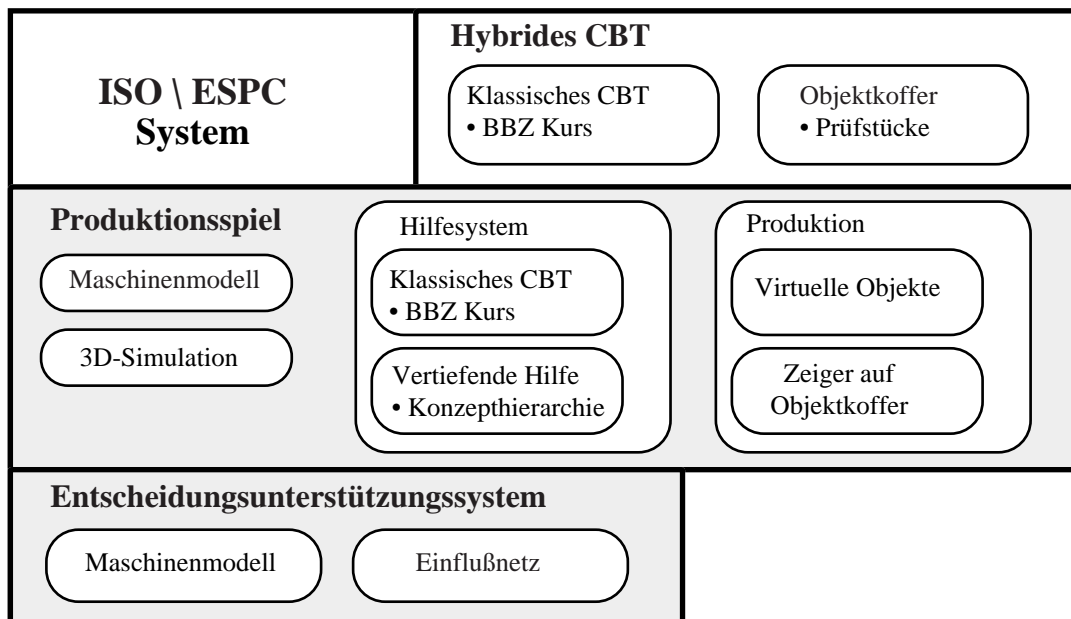


Abb.1: Die Komponenten des ISO\ESPC - Systems

3.1 Hybrides CBT

In dem hybriden CBT-Programm werden die Inhalte des BBZ-Kurses zur SPC präsentiert (Abb.1 oben). Dieses klassische CBT-Programm verfügt über eine Schnittstelle zu digitalen Meßinstrumenten, so daß reale Meßwerte an das CBT übermittelt werden können. Der Objektkoffer enthält Prüfstücke mit Abweichungen, die die Verteilungen der grundlegenden Prozeßmodelle widerspiegeln. Diese Prozeßmodelle werden durch die momentane Verteilung der Abweichungen, deren Streuung, Schiefe, Wölbung und Lage innerhalb der Spezifikationsgrenzen beschrieben. Durch die Kombination von CBT mit physikalischen Objekten (den Prüfstücken) gewinnt das System an Realitätsnähe: bis auf den immanenten Zeitdruck der Produktion kann die *Meßdatenerfassung* wie in der Produktionshalle durchgeführt werden. Die Bedeutung "genauer" Messungen wird den Lernenden durch den Umgang mit den digitalen Meßinstrumenten bewußt.

3.2 Kooperatives und kompetitives Lernspiel

Die handlungsorientierte, problemlösebezogene und realitätsnahe Konzeption von ISO/ESPC wird in dem kooperativen und kompetitiven Lernspiel umgesetzt.

Dieses innovative Produktionsspiel (Abb. 1 Mitte) ist ein *Spiel gegen die Uhr* mit dem Ziel, eine hohe Wertschöpfung zu erreichen, und bietet den Lernenden ein weitestgehend *realistisches Produktionsszenario*. Ein Team von Spielern übernimmt eine Maschinenhalle. Jedem Mitglied der Gruppe steht ein eigener Rechnerplatz zur Verfügung. Gemeinsam sind sie verantwortlich für die termingerechte und qualitätsbewußte Fertigstellung der eingehenden Aufträge, bei denen Material, Form, Preis und Stückzahl variieren. Zur Produktion stehen Roh-, Hilfs-, und Betriebsstoffe ausreichend im Lager zur Verfügung. Die Form der *Arbeitsorganisation* kann von der kooperativ arbeitenden Gruppe frei gewählt werden: die Mitglieder können sich durch Aufgabenverteilung

spezialisieren, oder jeder beteiligt sich an allen nötigen Arbeitsvorgängen. Die qualitätsbezogene und termingerechte Erledigung der Aufträge erfordert eine Vielzahl von Aufgabenfeldern, z.B. produktionsbezogene Tätigkeiten wie Bestücken und Einrichten der Drehmaschinen oder Werkzeugwechseln. Zur Qualitätssicherung sind u. a. Regelkarten- und Prüfplannerstellung, Meßdatenerfassung und Maschinen- und Prozeßfähigkeitsanalysen notwendig. Es können sich eigenverantwortliche Einzelarbeit oder spezialisiertes Teamwork als positiv auf die Wertschöpfung herausstellen, aber auch die Herausbildung eines Gruppenleiters ("eines Maschinenmeisters") kann zum angestrebten Erfolg führen.

Hohe Qualität und hohe Produktivität in kurzer Zeit ergeben eine optimale Wertschöpfung. Zu Beginn existieren keine Unterlagen über das charakteristische Prozeßverhalten, z.B. ist nicht bekannt wie oft bei den einzelnen Maschinen das Nachstellen der Werkzeuge erfolgen muß. Die virtuellen Maschinen erzeugen bei der Produktion im Spiel die Verteilungen unterschiedlicher Prozeßmodelle oder liefern Zeiger auf den Objektkoffer mit den Prüfstücken. Diese Zeiger adressieren die im Objektkoffer repräsentierten Prozeßmodelle (s.o.).

Die Spieler haben bei der Bearbeitung der Aufträge vollständige Handlungsfreiheit. Sie fällen eigenständige Entscheidungen, z.B. auf welcher Maschine ein Auftrag mit hoher Qualitätsanforderung ausgeführt werden soll. Diese Entscheidungen erfolgen unter permanenten Zeitdruck; als *Entscheidungsunterstützung* und zur Qualitätssicherung steht für Maschinen- und Prozeßfähigkeitsanalysen SPC zur Verfügung. In Statistik *unerfahrene* Spieler können das klassische CBT zur *schnellen* Einführung nutzen. Auf Anfrage stehen vertiefende Hilfen zur Verfügung, diese basieren auf einer *Konzepthierarchie* der Domäne SPC. Während des gesamten Spiels tickt die Uhr, insbesondere bei allen Aktivitäten des Lernenden: beim Messen, Diagnostizieren und Weiterbilden.

Im Spielszenario bietet SPC-CBT das notwendige deklarative Konzeptwissen "just in time" problemzentriert an. Die Handlungsorientierung unterstützt die Prozeduralisierung des Kontroll- und Entscheidungswissens. Übung im Treffen von Entscheidungen in realistischen Problemsituation unter Zeitdruck fördert Handlungskompetenz.

3.3 Entscheidungsunterstützungssystem

Das innovative Konzept von ISO\ESPC soll in einem Entscheidungsunterstützungssystem umgesetzt werden. Dieses System soll zum Erlernen und Trainieren von *Handlungsstrategien in komplexen* Entscheidungssituationen dienen.

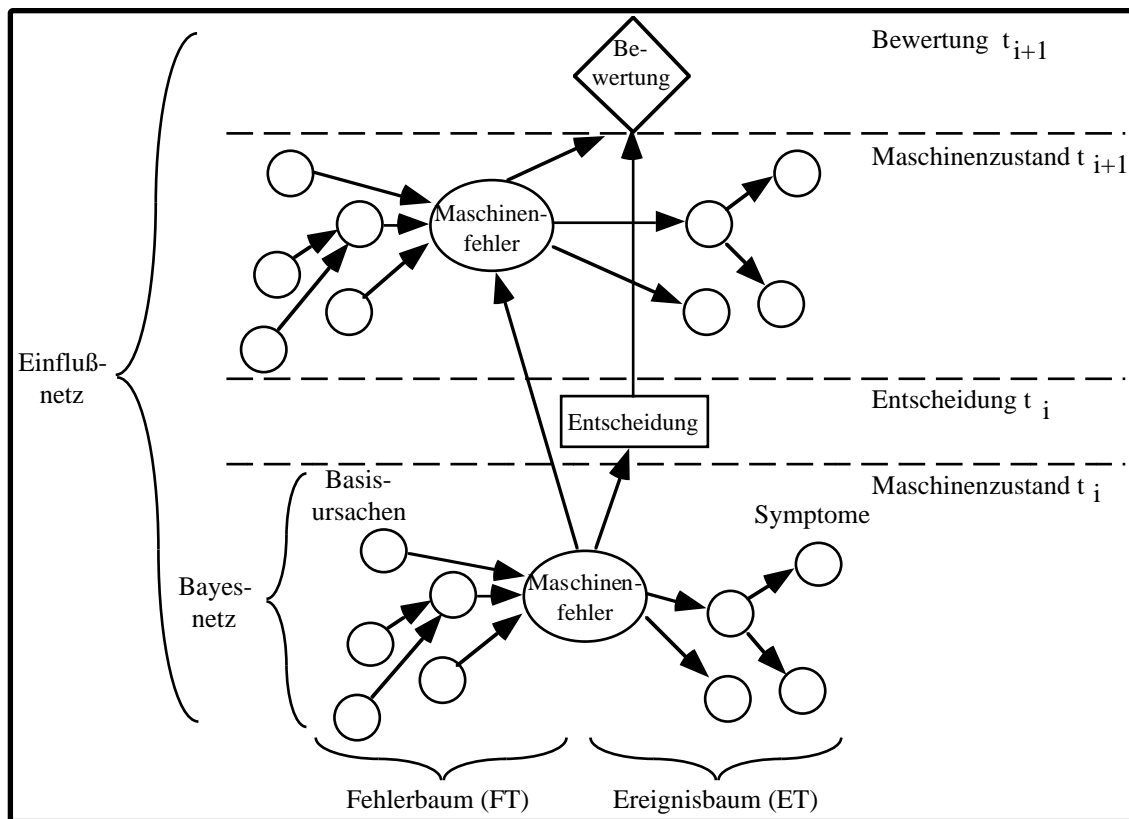


Abb.2: Skizze eines Einflußnetzes zur Entscheidungsunterstützung

Ausgehend von einer Untersuchung und Expertenbefragung werden im ersten Schritt qualitative verbale Maschinenmodelle erstellt. Darauf aufbauend wird eine detaillierte Analyse des Maschinenverhaltens durchgeführt. Beim deduktivem Vorgehen, d.h. bei der Suche nach möglichen Ursachen, werden Fehlerbäume (Fault trees, FTs) entwickelt. Beim induktiven Vorgehen, d.h. bei dem Betrachten möglicher Konsequenzen oder nachfolgender Ereignisse, werden Ereignisbäume (Event trees, ETs) aufgebaut (Hansen, 1996). Fehler- und Ereignisbäume können in Form von Bayes-Netzen (Neapolitan, 1990; Pearl, 1988) zur Beschreibung von Maschinenzuständen integriert werden. Im unteren Teil der Abbildung 2 zeigen wir ein Bayes-Netz für den Maschinenzustand zum Zeitpunkt t_j . Zur Modellierung von Entscheidungen und deren späteren Auswirkungen werden wir Zeitscheiben benutzen (Abb.2, Maschinenzustände t_j und t_{j+1}). Die Verwendung von Einflußnetzen ermöglicht die Integration und Bewertung von Entscheidungen. Einflußnetze sind eine Erweiterung von Bayes-Netzen (Neapolitan, 1990; Pearl, 1988). Mit Einflußnetzen können die Ergebnisse unterschiedlicher *Handlungsstrategien* gegenübergestellt und *bewertet* werden; die Herausbildung von *Entscheidungsregeln* wird unterstützt.

4. Anwendungsszenarien

Die drei Komponenten (s.o.) werden in dem ISO\ESPC-System so integriert, daß dieses sowohl als Selbstlernsystem als auch zur Unterstützung eines Dozenten als intelligente Problemlöse-Simulations- und Entscheidungsgebung genutzt werden kann. Es lassen sich damit verschiedene Ausbildungsszenarien denken:

- Selbstlern- und Entscheidungsunterstützungssystem für
 - Dozenten
 - Ausbilder, Trainer
 - Werker in der Produktion
- intelligente Problemlöse- Simulations- und Entscheidungsgebung für
 - Ausbilder unterrichten Ausbilder
 - Ausbilder unterrichten Werker

Zielgruppe des Ausbildungskonzepts sind Ausbildungsstätten von Industrie und Handwerk, betriebliche Ausbildungseinrichtungen, KMU, Weiterbildungsberater der Industrie und des Handwerks.

5. Literatur

- DIETRICH, E. & SCHULZE, A., Statistische Verfahren zur Qualifikation von Meßmitteln, Maschinen und Prozessen, Carl Hanser Verlag, 3. Auflage, 1998
- HANSEN, K MARK, Linking Safety Analysis to Safety Requirements - exemplified by Railway Interlocking Systems. PhD Thesis, DTU Technical University of Denmark, Department of Information Technology, Lyngby, 1996
- MÖBUS, C., Wissenserwerb , in G. STRUBE (Hg.) Wörterbuch der Kognitionswissenschaft, Stuttgart: Klett-Cotta, 1996a
- MÖBUS, C., Neuartige Herausforderungen bei der Gestaltung "Intelligenter Lehr-/Lernsysteme (ILLS)", in M. Thielscher & S.E. Bornscheuer (Hrsg.), Fortschritte der Künstlichen Intelligenz, 20. Deutsche Jahrestagung für Künstliche Intelligenz, Dresden, 17.-19. 09. 1996, Dresden University Press, 1996b
- MÖBUS, C., Toward an Epistemology of Intelligent Design and Modelling Environments: The Hypothesis Testing Approach, in: PAIVA, A. & SELF, J., Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence in Education EuroAI-ED'96, 52-58, Lissabon, Portugal, 1996c
- MÖBUS, C., Toward an Epistemology of Intelligent Problem Solving Environments: The Hypothesis Testing Approach, in: Jim Greer (ed.), Artificial Intelligence in Education, Proceedings of AI-ED 95, 7th World Conference in Artificial Intelligence in Education, Washington, DC, p. 138-145; August 16-19, 1995, AACE, Association for the Advancement of Computing in Education, Charlottesville, VA, 1995
- MÖBUS, C., Wissenserwerb mit kooperativen Systemen in P. GORNY (Hrsg.), Informatik und Schule 1991, GI-Fachtagung, Oldenburg, 7.-9.10 1991, Berlin: Springer Verlag, Informatik Fachberichte, Nr. 292, 1991
- NEAPOLITAN, R. E.: Probabilistic Reasoning in Experts Systems, New York: John Wiley & Sons, 1990
- PEARL J., Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference, San Mateo: Morgan Kaufman, 1988